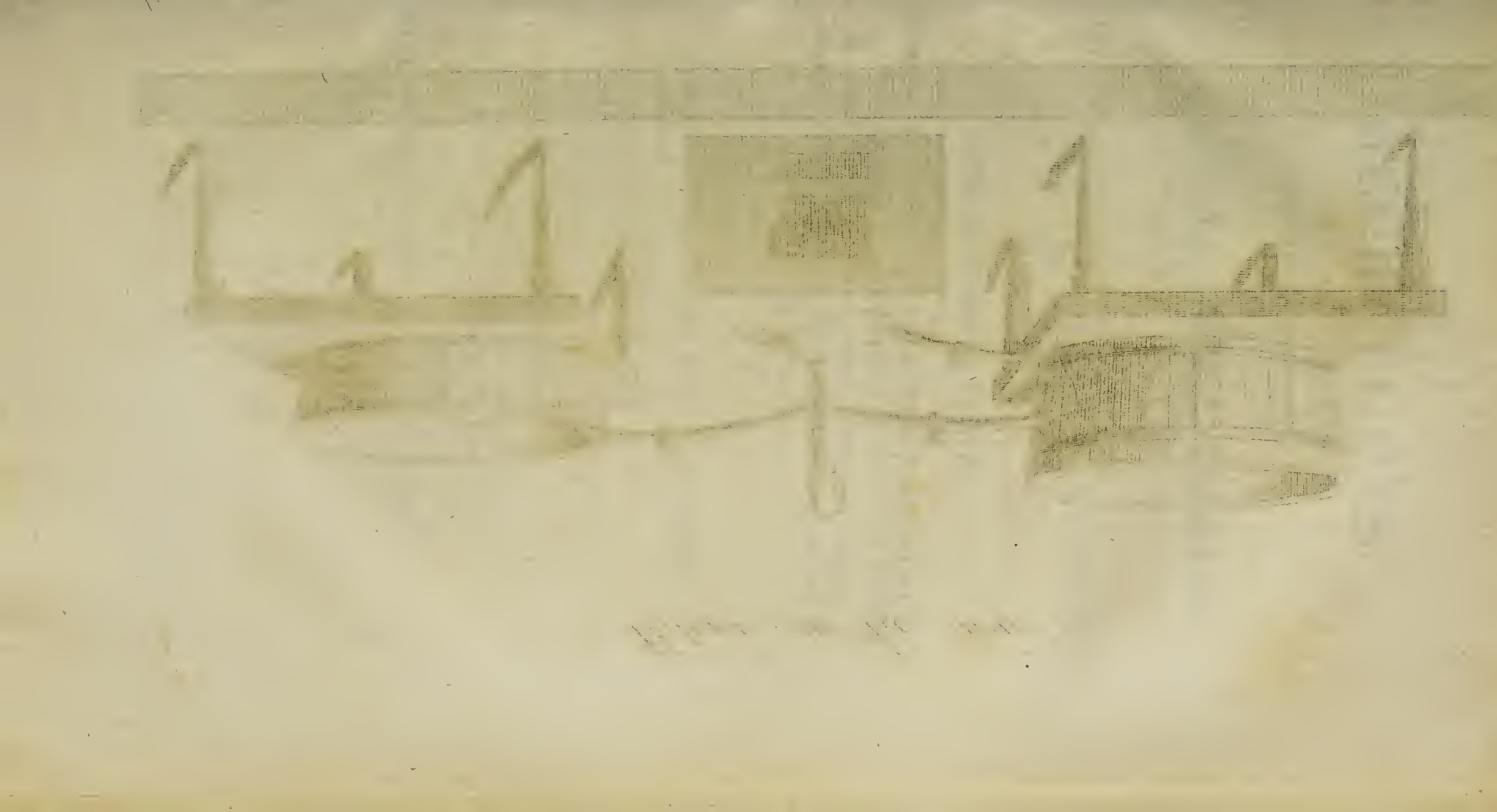
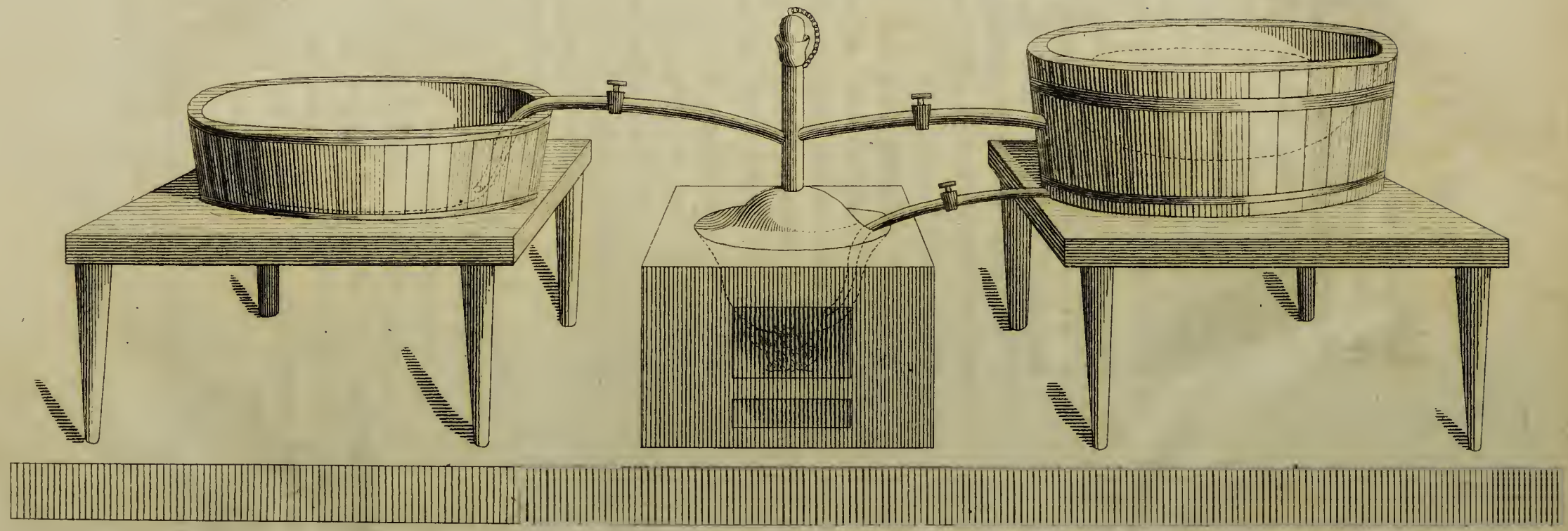


Aldini sur la Soie.



RECHERCHES

EXPÉRIMENTALES

SUR L'APPLICATION EXTÉRIEURE DE LA VAPEUR

POUR ÉCHAUFFER L'EAU DANS LA FILATURE DE LA SOIE;

Par le Chevalier ALDINI,

Membre de l'Institut impérial de Milan, Professeur émérite à Bologne, Membre des Sociétés médicales de Paris et de Londres, de la Société académique des Arts, de la Société des Arts, et des Manufactures de Londres, de l'Académie royale de Turin, etc.

Traduit de l'italien sur la seconde Édition, et augmentée.

A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE DE MADAME HUZARD,
(née VALLAT LA CHAPELLE),
Rue de l'Eperon-Saint-André-des-Arts, n°. 7.

JUILLET 1819.

WELLCOME
LIBRARY
INSTITUTE

A SON EX.

MONSEIGNEUR LE COMTE DE CAZES,
MINISTRE DE L'INTÉRIEUR.

Londres, 20 *avril* 1819.

MONSEIGNEUR,

L'attention que VOTRE EXCELLENCE *daigne accorder à tout ce qui concerne les progrès des sciences et des arts, m'encourage à lui soumettre, par l'intermédiaire de mon honorable ami, M.* Huzard, *membre de l'Institut royal de France, un*

Mémoire relatif au chauffage de l'eau dans les filatures de la soie. Ce Mémoire a pour objet de donner un nouvel élan à cette partie de l'économie rurale, tant auprès des artistes qui font usage de la vapeur dans cette opération, qu'auprès de ceux qui n'emploient que la simple action ordinaire du feu. J'ai introduit dans les deux procédés une grande économie de combustible; mais je prouve que, dans l'emploi de la vapeur, on doit obtenir un avantage considérable et diminuer de beaucoup les frais de première construction, en appliquant la vapeur extérieurement aux vases, au lieu de la faire passer, comme cela se pratique communément aujourd'hui, au travers de l'eau même.

Après avoir vu, dans mes derniers voyages, les principales applications des machines à vapeur, en Allemagne, en Angleterre et en Ecosse, j'ai acquis un

nouveau degré de confiance dans les avantages du procédé que je propose. Je supplie Votre Excellence de vouloir bien les faire connaître aux fabricans et aux propriétaires de manufactures d'étoffes de soie, à Lyon et dans les autres villes de France, afin que tous puissent en profiter.

Pour pousser encore plus loin l'économie du calorique et par conséquent du combustible, je propose de plonger les cocons, avant la filature, dans une espèce de bain de vapeur qui commence à en détacher la partie glutineuse. Cette simple préparation rend la soie facile à dévider à une température plus basse, sans altérer aucunemeut sa solidité; ce qui n'a pu réussir jusqu'ici par la filature à froid essayée au moyen de réactifs chimiques.

A mon prochain voyage à Paris, si on le juge convenable, j'aurai l'honneur

d'offrir aux Conseils d'agriculture et des manufactures, tous les éclaircissemens ultérieurs qui me seront demandés.

J'ai l'honneur d'être avec respect,

Monseigneur,

de Votre Excellence,

Le très-humble et très-dévoué serviteur,

J. ALDINI.

RECHERCHES

EXPÉRIMENTALES

SUR L'APPLICATION EXTÉRIEURE DE LA VAPEUR

POUR ÉCHAUFFER L'EAU DANS LA FILATURE DE LA SOIE.

§. I.

Ce fut une brillante époque, dans les annales de l'esprit humain, que celle où le comte de Rumford entreprit de diriger l'étude des sciences naturelles, et entre autres de la physique et de la chimie, vers le progrès des manufactures, des arts, et de toutes les branches de l'économie civile. Par ses efforts et par ceux de ses imitateurs, on a vu un grand nombre d'anciens procédés les uns rectifiés, corrigés, augmentés, les autres rendus plus simples et moins dispendieux. Il faut citer parmi ces derniers, l'emploi de la vapeur pour échauffer l'eau. Gensoul proposa d'échauffer l'eau en faisant passer la vapeur au

travers, et ce procédé employé pour la première fois à Lyon, et depuis répandu dans le Piémont et dans la Lombardie, obtint l'assentiment général. Pour ma part, ayant examiné l'ancienne manière d'échauffer l'eau par l'action directe du feu, je conviens, sous tous les rapports, que l'usage de la vapeur est préférable; seulement je n'adopte pas la manière de l'appliquer, actuellement en usage.

§. II.

Afin d'établir mes recherches à ce sujet sur une base analytique, je considère qu'il existe trois moyens applicables au chauffage de l'eau, savoir : 1°. la méthode commune d'appliquer immédiatement le feu au récipient que l'on veut échauffer; 2°. celle connue depuis long-temps d'introduire la vapeur dans l'eau; 3°. celle que je propose et qui consiste dans l'application extérieure de la vapeur aux vases dans lesquels est contenue l'eau que l'on veut échauffer. Si la dispersion du calorique était nulle dans le premier de ces procédés comme dans les deux autres, ceux-ci n'auraient aucun avantage sur l'ancien mode; car c'est la même chose d'appliquer immédiatement le calorique à l'eau, ou de le rendre d'abord latent dans la vapeur pour le faire ensuite dégager et devenir sensible dans

l'eau. Mais la dispersion du calorique est moins grande dans le second et le troisième procédé, lorsqu'on veut échauffer à-la-fois un grand nombre de récipiens, parce que cette dispersion, ayant lieu en proportion de la surface de la masse enflammée, si l'on fait usage d'un seul fourneau au lieu de plusieurs, la surface, toutes choses égales d'ailleurs, devient moins étendue. L'examen et la comparaison de ces diverses méthodes font le sujet de ce Mémoire, dans lequel je me propose de démontrer la supériorité de mon procédé, soit pour échauffer l'eau des filatures de soie, soit pour d'autres usages relatifs aux arts.

§. III.

M'étant rendu, il y a environ trois ans, à *Trascorre* près Bergame, dans le but de reconnaître la manière la plus avantageuse d'échauffer l'eau au moyen de la vapeur, je pensai qu'il pourrait être utile d'essayer l'application extérieure de la vapeur (*A*). Je fis construire plusieurs cuves de bois, de diverses grandeurs, et de la forme d'un prisme rectangulaire; ayant pratiqué dans le couvercle quelques ouvertures circulaires, j'y adaptai des récipiens de cuivre, de diamètres différens. J'introduisais ensuite dans ces cuves la vapeur de l'eau bouillante. L'eau des récipiens se trouva, en peu de minutes, élevée à la tempéra-

ture des bains. Cet effet me donna du courage pour mettre à profit les vapeurs aqueuses de la grande chaudière échauffée par le feu, pour l'usage de ces bains. Une cuve de bois, de la largeur d'un mètre 2 décimètres, et haute d'un mètre 3 décimètres, recevait, au moyen d'une soupape, la vapeur provenant de ladite chaudière. J'en profitai aussitôt pour échauffer une égale quantité d'eau dans plusieurs récipiens que je plaçai à diverses distances du fond de la cuve.

Dans l'espace d'une heure, tous les récipiens furent chauffés, mais à divers degrés de chaleur, et croissant en proportion de la plus grande distance du fond ; ainsi le degré le plus élevé fut observé dans le récipient placé près du couvercle, et l'eau qu'il renfermait fut portée à la température de 46 degrés du thermomètre de Réaumur. Cette expérience me fit connaître qu'en employant d'autres récipiens de bois, moins grands, et qui ne présentassent pas de fentes par où la vapeur et le calorique pussent s'échapper, on aurait pu porter l'eau à une température plus élevée. J'ai obtenu depuis, avec de semblables précautions, une température de 79 degrés. Comme cette température était suffisante pour l'objet que je m'étais proposé, je n'ai pas essayé d'arriver jusqu'à l'ébullition, qui a lieu à une température bien inférieure,

dans l'huile, dans l'esprit-de-vin, et dans d'autres fluides.

§. IV.

Les résultats que je viens d'exposer sont parfaitement conformes aux expériences les plus récentes et les plus exactes. Watt a observé que la chaleur produite par la vapeur, lorsqu'elle retourne à l'état liquide, peut élever une masse égale d'eau à la température de 950 degrés du *fareinheit*, ou, ce qui revient au même, élever à un degré une masse d'eau 950 fois plus grande. Selon Rumford, une partie de vapeur aqueuse peut échauffer, en se condensant, 567 parties égales d'eau, de la quantité d'un degré du thermomètre centigrade. Gay-Lussac, Clément et Désormes prennent le terme moyen de 550 parties, entre les résultats des diverses expériences qui ont été faites à ce sujet. Biot conclut de là, qu'un gramme d'eau en vapeur peut porter de zéro à l'état d'ébullition 5,671,195 grammes d'eau. Il faut observer que tous les calculs que je viens de rappeler partent de la supposition que l'eau à échauffer est à la température de zéro, ce qui n'est pas le cas relatif à l'eau des filatures de soie, ni à celle des bains, qui sont préparés ordinairement sous l'influence d'une température beaucoup élevée de l'atmosphère. Il en résulte qu'ici l'effet produit

par la vapeur doit être bien plus prompt et plus sensible.

§. V.

La nature nous montre à tout moment les effets de la destruction et de la reproduction du calorique dans les changemens d'état que subissent les corps. Chaque fois qu'ils passent de l'état de vapeur à l'état liquide, ou de celui-ci à l'état de solidité, ils abandonnent une partie de leur calorique, au profit des corps environnans

La vapeur, après avoir ainsi communiqué une partie de son calorique à l'eau renfermée dans les vases métalliques, se condense, et retombe goutte à goutte dans le fond des récipiens de bois. Pour éviter, dans ce cas, l'inconvénient de remplacer sans cesse dans la chaudière l'eau qui en sort en vapeur, j'ai ménagé une circulation facile de la vapeur condensée à la chaudière, où elle retourne par le moyen que j'indiquerai ci-après. Telles sont les observations et les expériences préliminaires, au moyen desquelles j'ai entrepris de prouver l'utilité de l'application extérieure de la vapeur dans les filatures de soie. Loin que j'aie la prétention de posséder les connaissances pratiques des entrepreneurs des filatures, je me borne à leur indiquer des moyens

simples et économiques pour échauffer l'eau, et à les engager à faire, sous ce rapport, de nouvelles tentatives propres à perfectionner leurs manufactures.

§. VI.

Partant du principe qu'il faut en général employer la vapeur pour échauffer l'eau, j'ai imaginé un appareil comparatif pour observer son action, tant dans le procédé de Gensoul, que dans celui que je propose.

Soit (dans la figure) une chaudière de cuivre, un peu concave dans le fond, afin de mieux recevoir l'action du calorique du fourneau placé inférieurement. Cette chaudière est fermée par un couvercle muni au centre d'un trou auquel est adapté un tube vertical. A l'extrémité de ce tube est adapté un robinet en forme de soupape, au moyen duquel on introduit dans la chaudière l'eau qui doit fournir la vapeur. Cette chaudière peut contenir environ quatre pintes, et au commencement de l'expérience elle est remplie à peu près aux deux tiers. Du cylindre vertical partent deux tubes de cuivre d'un diamètre égal, et munis de robinets égaux. L'un de ces tubes introduit, dans la cuve de bois placée de son côté, la vapeur à la surface extérieure de la capsule placée au-dessus; l'autre,

se recourbant dans la partie supérieure, traverse l'eau de la seconde capsule; tous deux, à leur extrémité, donnent issue à la vapeur, par une suite de petits trous tournés vers le fond des capsules, afin d'éviter l'inconvénient d'une fuite trop rapide de la vapeur. Ces capsules sont de cuivre, d'une grandeur égale, et peuvent contenir chacune six pintes d'eau.

La caisse pour la vapeur a le fond revêtu de fer-blanc, et un peu incliné du côté où se trouve la chaudière: elle communique avec celle-ci, au moyen d'un tube qui y ramène la vapeur condensée sans qu'il puisse s'en perdre une seule goutte. Ce tube, muni d'un robinet à double effet, sert à reconnaître les quantités de vapeur qui reviennent à l'état liquide dans un temps donné; on interrompt la communication avec la chaudière, et laissant une libre issue à l'eau, on en peut examiner le poids au moyen d'une balance très-sensible. Par ce moyen, j'ai déterminé expérimentalement les quantités de vapeur convertie en eau, en rapport avec le calorique communiqué à l'eau dans un temps égal, conformément aux observations sur le même sujet décrites par Dalton (*B*). Ces vues d'exactitude et ces précautions ne sont pas nécessaires pour ce qui a rapport aux filatures, où il suffit que le tube décrit ci-dessus soit pourvu d'un robinet commun.

§. VII.

J'ai combiné, dans l'appareil que je viens de décrire, l'égalité possible de circonstances pour avoir une action égale de la vapeur par les deux procédés exposés. Au moment où l'eau se trouve à l'état d'ébullition dans la chaudière, j'ai ouvert successivement les deux robinets, en remarquant le temps nécessaire pour que l'eau des capsules fût élevée à 60 degrés de l'échelle de Réaumur. J'ai observé que la chaudière étant remplie d'eau, tout était évaporé en moins d'une heure, si l'on interceptait la communication par laquelle revient la vapeur condensée. Ayant mis en activité le tube qui reconduit la vapeur, sans avoir une diminution sensible de la quantité introduite dans la chaudière, j'ai obtenu une quantité de vapeur suffisante pour échauffer les capsules pendant plusieurs jours. Si l'on veut faire l'application de ce procédé à une filature d'un nombre donné de capsules, il faut déterminer la grandeur proportionnelle de la chaudière capable de fournir la vapeur nécessaire pour échauffer la quantité donnée d'eau. Les moyens de conduire la vapeur dans l'intérieur des récipiens de bois qui contiennent les capsules, sont nombreux et variés. Je ferai simplement observer qu'avec un grand tube longitudinal placé dans

l'endroit où sont les moulins à soie, on peut, au moyen de petits tuyaux secondaires, distribuer la vapeur par une méthode qui diffère peu de celle qu'on emploie aujourd'hui dans les filatures. Ce tube transversal étant situé sous le plancher de la filature, pourra rendre plus facile encore la circulation de la vapeur condensée, dans son retour à la chaudière, par le moyen indiqué ci-dessus.

§. VIII.

La manière dont agit la vapeur dans les deux méthodes que j'ai décrites, recommande le procédé de l'application extérieure, non-seulement pour les filatures, mais encore pour d'autres usages relatifs aux arts.

1°. Dans le procédé de Gensoul une portion de la vapeur se disperse en pure perte dans l'atmosphère, parce que son passage est si rapide qu'il ne lui permet pas de se mettre en équilibre avec l'eau; d'où il résulte qu'il faut, pour échauffer l'eau, une dépense plus considérable de vapeur, qu'il ne doit être nécessaire. Par l'autre procédé, toute la vapeur est employée utilement, parce qu'il ne faut que très-peu de temps au calorique pour pénétrer entièrement les parois de la capsule.

2°. Dans l'appareil de Gensoul, la chaudière principale, de laquelle s'élance la vapeur, perd

continuellement, et a besoin d'être secondée par une autre chaudière où l'on verse fréquemment de l'eau au moyen d'une pompe. Dans mon appareil, la vapeur, après avoir exercé son action dans les capsules et s'être ensuite condensée, retourne, sous la forme liquide, dans la chaudière principale d'où elle est sortie; de cette manière la chaudière peut rester en action pendant des jours entiers, sans qu'on y ajoute de l'eau; cette addition ne serait même jamais nécessaire, s'il était possible d'éviter une certaine déperdition qui a toujours lieu dans quelque partie des parois que parcourt la vapeur.

3°. Dans ma méthode, le niveau de l'eau dans les capsules ne varie presque pas sensiblement; dans l'autre, il change au contraire à tout moment, à mesure que la vapeur arrive et qu'elle se condense en traversant le fluide. Cette circonstance est un obstacle à l'avantage de reconduire la vapeur dans la chaudière, parce que, outre la portion qui se condense en passant dans l'eau, il y en a toujours une certaine quantité qui se dissipe dans l'atmosphère. De quelque manière qu'on pût obtenir en partie la circulation dont j'ai parlé, elle serait au moins très-compliquée et fort coûteuse.

4°. D'après les expériences faites jusqu'à ce jour, on obtient dans l'eau des capsules la tem-

pérature nécessaire pour les filatures, avec une condensation peu abondante de vapeur, tandis que dans la méthode ordinaire il faut employer beaucoup de précautions pour éviter le danger de l'explosion.

5°. Dans le procédé de Gensoul, aussitôt que la vapeur cesse d'arriver aux capsules, l'eau se refroidit en peu de temps, et d'autant plus vite, que l'épaisseur des parois des capsules est plus faible. Dans l'autre procédé, au contraire, que l'on cesse de produire de la vapeur nouvelle, que l'on éteigne même entièrement le feu du fourneau, les capsules continuent d'être échauffées par la vapeur contenue dans le récipient de bois, parce que le calorique ne peut se mettre en équilibre avec les parois de ce récipient qui ne sont que des conducteurs imparfaits.

6°. Il suit de là, que le peu d'épaisseur du fond de la capsule, loin de laisser tomber la température, contribue à la maintenir élevée plus longtemps, en facilitant la communication et la pénétration du calorique de la vapeur, tandis que dans la méthode commune, ce peu d'épaisseur des parois métalliques contribue à opérer un refroidissement plus rapide.

7°. Ma méthode réunit les différens titres de supériorité qu'avait l'ancienne sur celle de Gensoul, puisqu'elle laisse la capsule libre aux mains

de l'ouvrière, sans que les cocons ballottés par le bouillonnement puissent jaillir de côté et d'autre (*C*).

8°. On épargne tout-à-fait la dépense de la chaudière supplémentaire, et celle d'un homme chargé de verser de l'eau, parce qu'on a une action égale et uniforme de la chaleur; action qu'on n'obtient pas au moyen du procédé de Gensoul, attendu que, dans les cocons frappés directement par la vapeur, les filamens de soie se séparent plus facilement que dans les autres où la température de l'eau agit seule.

9°. Mon procédé comporte encore une grande économie pour les frais de premier établissement et de manutention, et pour la dépense du combustible; en ce que, puisqu'il faut une moindre quantité de vapeur pour réchauffer l'eau, et que les parois de la chaudière sont moins épaisses, il faut enfin moins de combustible pour élever l'eau à la température convenable (*D*).

§. IX.

Quoique ces deux méthodes prises séparément offrent plus d'avantages que toutes celles qui avaient été antérieurement employées, il existe cependant, en Lombardie et en Piémont, un nombre considérable de filatures où l'on emploie la simple action du feu, en

comparaison du nombre de celles où l'on fait usage de la vapeur; celles-ci même sont tout-à-fait négligées et presque inconnues dans les provinces méridionales de l'Italie.

Parmi les nombreux avantages qui donnent aux filatures à la vapeur la supériorité sur celles où l'on fait usage des fourneaux ordinaires, on peut spécialement remarquer les suivans :

1°. Quelque considérables que soient les frais des filatures à la vapeur, par rapport aux chaudières, aux tubes et aux robinets, cependant, d'après les calculs de M. le comte Porro, ils n'excèdent pas ceux des filatures anciennes. Cela tient à ce que, dans les nouvelles, on économise et les fourneaux, et les ustensiles de fer qui en dépendent, et de plus une main-d'œuvre au moins par chaque moulin à soie.

2°. Il résulte des mêmes calculs que, dans les filatures à la vapeur, la consommation du combustible est diminuée des deux tiers et même des cinq sixièmes; par la raison que, dans les anciens fourneaux, il fallait employer du bois choisi et fendu en petits morceaux, tandis que dans le procédé à la vapeur, peu importent la forme et la qualité du combustible. M. le comte Porro, en substituant dans sa manufacture, au chêne qui ne donnait que peu de cendre, le bois de châtaignier, a mis a profit le produit du charbon

qui a été d'un boisseau milanais (*stajo*) pour 500 livres de bois.

3°. Par le procédé à la vapeur, on peut, ce qui est impossible dans le procédé ordinaire, régler la température et la maintenir à un état constant; cela dépend de celui qui gouverne le fourneau. Cette uniformité de température contribue à détacher des cocons les fils de soie avec égalité, et d'une manière uniforme. Ajoutons à tout ceci que les chaudières ne sont pas altérées par l'action directe du feu, que le produit du travail journalier en est plus parfait, que la filature est plus aérée et plus saine, et que les principaux instrumens pouvant être transportés, lorsque les travaux de la filature sont terminés, le local peut être consacré à d'autres occupations d'économie rurale.

4°. J'ai dit que dans les filatures à la vapeur le local pouvait être plus resserré, d'où il suit que les directeurs auront plus de facilité pour surveiller les ouvrières, et que celles-ci ne devant en aucune occasion mettre la main aux fourneaux, au bois, aux cendres, ne pourront jamais altérer une matière aussi précieuse et aussi délicate que la soie. Quant à celles qui sont chargées de tourner les moulins des filatures, n'étant point distraites par le soin de l'entretien des fourneaux, elles pourront en mettre davan-

tage à nettoyer et à étendre la bourre de soie vulgairement appelée *strusa*, qui est un des produits les plus importans d'une filature.

5°. On n'aura point à craindre que des vents impétueux, des orages violens n'empêchent la fumée de s'élever librement dans les petites cheminées des fourneaux, et ne forcent à suspendre quelque temps le travail, sous peine de voir la soie altérée par la fumée. Ces inconvéniens ne sauraient exister dans le procédé à la vapeur, où il n'est besoin que d'un seul fourneau, dans lequel la fumée est soulevée, quelles que soient les circonstances, par une masse puissante de calorique. La cheminée peut même, à la rigueur, être tout-à-fait séparée du lieu de la manufacture, et alors tout sera parfaitement à l'abri de son influence.

6°. Les ouvrières se trouvant, au détriment de leur santé, exposées, pendant les chaleurs de l'été, à une atmosphère échauffée encore par le calorique des fourneaux, deviennent faibles et incapables de supporter la fatigue des travaux de la manufacture. C'est encore un inconvénient qui n'existe pas dans les nouvelles manufactures.

§. X.

N'est-il pas étonnant que, malgré tant d'avantages remarquables qu'offre le nouveau procédé,

beaucoup de provinces de l'Italie, riches en manufactures de soie, s'obstinent encore à faire usage de l'ancienne méthode? Ce motif m'a engagé à interroger plusieurs fabricans sur les raisons qui les empêchaient d'adopter une amélioration si importante. Ils me firent aussitôt remarquer la différence notable qui existe entre les soies du Piémont et de la Lombardie, et celles de l'Italie méridionale, et notamment de l'État ecclésiastique. Les premières ont un tissu dont le ciment est facilement soluble dans l'eau à 60 ou 66 degrés de Réaumur; les autres offrent un ciment si glutineux et si solide que, pour en obtenir la dissolution, il ne faut pas moins, disent-ils, qu'une température de 80 degrés. Ils ajoutent ensuite qu'il arrive souvent, pendant les travaux de la manufacture, des journées froides, où le torrent de vapeur passe au travers de l'eau des capsules sans pouvoir lui communiquer la chaleur nécessaire. Alors, effrayés du danger de voir interrompre les travaux commencés, ils aiment mieux s'en tenir aux fourneaux ordinaires, au moyen desquels il leur est toujours permis de faire varier à leur gré la température de l'eau, et de la porter en toutes saisons jusqu'à l'ébullition.

§. XI.

Quant à moi, tout en convenant que la qualité des soies de l'État du Pape puisse exiger une température plus élevée, je ne puis me persuader qu'il soit nécessaire de la porter jusqu'à l'ébullition, qui ne permettrait certainement pas aux ouvrières d'exécuter les opérations propres à la filature. Lors même, d'ailleurs, que le procédé de Gensoul aurait quelque obstacle à éprouver du froid de l'atmosphère dans certains jours, celui que je propose serait tout-à-fait à l'abri d'un semblable inconvénient; car l'action de la vapeur étant isolée du contact de l'atmosphère, le calorique répandu dans l'eau se trouve, toutes choses égales d'ailleurs, exposé à une perte beaucoup moins considérable. Toutefois faut-il observer que le voisinage des Apennins, dans les provinces de Bologne et de la Romagne, où sont situés les principaux établissemens de filature, occasionne dans l'atmosphère des variations fréquentes et inattendues, desquelles il résulte des anomalies, qui peuvent assurément troubler la marche régulière d'une filature à la vapeur.

§. XII.

En général, le prix du combustible et la manière plus ou moins facile dont la filature s'exé-

cute, peuvent exercer une grande influence sur le choix d'un de ces procédés, plutôt que de l'autre. Dans les pays où le bois est cher, et où une température d'environ 60 degrés est suffisante pour la filature, comme cela a lieu dans la Lombardie et dans le Piémont, le procédé à la vapeur offrira toujours plus d'avantage, et d'autant plus que l'industrie saura mieux le mettre à profit. Si, au moyen de quelque préparation saline, on est parvenu à filer la soie à froid (*E*), en bannissant toute dépense de combustible, pourquoi l'action si peu dispendieuse de la vapeur ne serait-elle pas employée à préparer les cocons à la filature, qui deviendrait plus prompte en proportion de la solution opérée dans les fibres même, et qui pourrait se faire à une température plus basse, avec une grande économie de combustible? Pourquoi, au lieu des étuves communes, n'admettrait-on pas plus généralement la coutume déjà adoptée par quelques-uns, de faire mourir les vers des cocons par ce moyen de la vapeur? Pourquoi enfin la vapeur elle-même, appliquée si merveilleusement de nos jours à mouvoir tant de machines diverses, ne deviendrait-elle pas aussi le moteur des moulins qui servent à dévider la soie?

§. XIII.

Il faut se persuader pourtant que l'ancien mode pourra être conservé dans les lieux où le prix du bois est très-bas, sur-tout si avec cela la qualité de la soie exige une température fort élevée de l'eau. On observe en effet combien il est difficile de retenir le calorique dans des vases découverts, où l'eau, au lieu d'être en repos, est sans cesse agitée, et offre continuellement de nouveaux points de contact à l'air qui lui enlève son calorique. Si de semblables pertes ne sont pas immédiatement réparées par une action correspondante de la vapeur, il s'opère un décroissement successif de température qui rend bientôt l'eau incapable de remplir le but qu'on se propose. En visitant beaucoup de manufactures, j'ai observé deux manières différentes de filer la soie : l'une vulgairement appelée *à battuta*, dans laquelle une seule ouvrière dispose et prépare les cocons; l'autre nommée *à palmota*, dans laquelle il y a deux ouvrières, dont l'une prépare une quantité donnée de cocons, et après avoir trouvé les bouts de la soie, les remet à la seconde qui les passe à la filature : il résulte de cette opération répétée un travail plus rapide et un produit plus abondant. Quant à la chaleur, il est certain qu'elle se conserve beaucoup plus facile-

ment de la première manière que de la seconde; d'autant plus que dans l'État pontifical, où elle est usitée, la partie glutineuse de la soie exige souvent, comme je l'ai déjà dit, jusqu'à 75 degrés pour pouvoir être dissoute.

§. XIV.

La construction des anciens fourneaux communs exige, d'après les découvertes récentes des physiciens, une réforme complète. Les belles expériences faites en ce genre par le comte de Rumford et par Buchanan, pour tirer tout le parti possible du calorique avec la moindre quantité possible de combustible, m'auraient engagé volontiers à proposer un seul centre de combustion, duquel partirait un torrent d'air échauffé qui déposât dans les capsules respectives de la filature une portion de calorique suffisante pour les élever à la température nécessaire. Les grandes étuves exécutées à l'instar de celles de Russie, dans beaucoup de palais, et même dans le grand théâtre de Milan, font voir la probabilité de pouvoir, par un moyen analogue, échauffer convenablement les capsules des manufactures. Laissant de côté toutes les tentatives nouvelles, qui peuvent toujours rencontrer quelque obstacle dans l'exécution, il est certain qu'au lieu de prodiguer le calorique développé dans la combus-

tion, et de le laisser s'échapper par les issues multipliées des cheminées, comme cela se fait communément, on peut faire circuler la fumée et l'air raréfié dans des tuyaux tortueux, communiquant d'un fourneau à l'autre, de manière que l'air sorte enfin dépouillé de tout son calorique par l'issue d'une seule cheminée. Cette méthode de faire concourir tous les tuyaux des fourneaux à une seule chape commune, est si simple et si économique, que plusieurs manufacturiers de la Lombardie l'ont mise en pratique avec un grand succès (*F*). En construisant les fourneaux d'après ce principe, il est certain qu'on doit économiser beaucoup de combustible en comparaison de celui qui est consommé de l'autre manière; on y trouve encore l'économie des chapes des cheminées, et celle de la capsule principale employée dans le procédé à la vapeur. Sous ce point de vue, les frais de première construction et de main-d'œuvre dans les filatures à feu commun se trouveront réduits de manière à présenter un avantage réel, dans les cas que nous avons exposés ci-dessus.

§. XV.

Si les entrepreneurs des manufactures ont à leur disposition quelque ruisseau d'eau courante, ils pourront en profiter pour mouvoir les mou-

lins de la filature, et ils économiseront encore par ce moyen la main-d'œuvre des ouvrières employées à ce travail dans la méthode actuelle. Le recommandable fabricant de soie, M Melloni, m'a fait voir ce mécanisme perfectionné par lui de la manière la plus ingénieuse, dans une manufacture de vingt moulins établie à Bologne. Il m'a assuré qu'une semblable filature offre une grande économie de main-d'œuvre, et un avantage remarquable dans la perfection du travail. L'emploi de l'ancienne méthode n'exclut pas la préparation des cocons par le moyen de la vapeur, qui n'exige aucun appareil particulier; car, avec un peu d'industrie, on peut se servir pour cela de la vapeur de l'eau bouillante dans une chaudière ordinaire. Il n'est pas aussi aisé, dans ce cas, de déterminer la durée nécessaire de l'action de la vapeur sur les cocons, et le nombre de cocons nécessaires pour une quantité donnée de vapeur (*G*), afin qu'un excès de calorique ne les fasse point passer à un état de coction dans lequel ils ne pourraient plus être filés. Il me suffit d'avoir fait remarquer que le moyen dont j'ai parlé pour abaisser la température de l'eau, peut se combiner, dans les anciennes filatures, avec le moyen que je propose.

§. XVI.

Je ferai observer enfin que le procédé de Gensoul présente l'inconvénient d'employer des chaudières d'une grandeur excessive, qui, à mon avis, peuvent être réduites à moins d'un quart de leur capacité actuelle. Ce ne sont point des hypothèses théoriques, ce sont des observations pratiques, faites par moi et par d'autres, qui viennent à l'appui de cette assertion. Les expériences faites à Bologne sur ce sujet, ont fait voir que les chaudières qu'on y a employées pour échauffer vingt capsules d'après mon procédé, étaient beaucoup au-dessous de la proportion que je viens d'indiquer ; et néanmoins l'eau fut portée en peu de minutes à la température de 75 degrés. Ce fait a encouragé plusieurs personnes, au nombre desquelles je me comprends moi-même, à faire ensuite les expériences relatives à la filature par le même procédé (*H*). La supériorité remarquable de l'action de la vapeur, dans ma méthode, provient de la conservation du calorique qui, dans la méthode de Gensoul, ne peut absolument se combiner à l'eau qu'en partie. La vapeur, en effet, se condense avec d'autant plus de difficulté, que le milieu qu'elle traverse est plus échauffé; or, il est évident que plus l'eau s'échauffe dans les capsules, plus la

quantité de vapeur qui doit s'échapper dans l'atmosphère augmente, attendu que la température trop élevée de l'eau ne permet plus à la vapeur de se condenser. Dès-lors, elle ne reste pas en contact avec l'eau, et son action devient nulle; ce qui est conforme aux lois de la propagation du calorique, confirmées par les physiciens, et notamment par le célèbre Lavoisier.

§. XVII.

Les faits que je viens d'exposer ont pour but de démontrer l'influence de l'état actuel des connaissances physiques sur la construction et le perfectionnement des filatures à soie, afin que l'on puisse choisir les améliorations qui doivent offrir les avantages les plus réels (*I*). Je n'ai pas eu, en écartant les procédés adoptés jusqu'à présent, d'autre but que de proposer aux entrepreneurs de filature de tenter de nouveaux essais (*K*) qui, adoptés sans restriction ou modifiés suivant les circonstances, pussent contribuer au perfectionnement d'une branche si importante de l'industrie manufacturière.

NOTES.

(*A*) La position des bains de *Trascorre* offre, sous tous les rapports, de grands avantages physiques à cet établissement. Les eaux gazeuses, après avoir serpenté dans les canaux souterrains des collines environnantes, vont retomber toutes froides à une petite profondeur au-dessous du niveau du sol, et sont recueillies dans un puits. Il est inutile, dans ce cas, de proposer l'action de la vapeur pour mettre en mouvement une pompe hydraulique ; c'est dans les endroits où l'on n'a pas d'eau courante, que l'on peut, avec avantage, avoir recours à ce moteur. Dans le cas dont il s'agit ici, un courant d'eau passe auprès du puits et fait mouvoir le piston d'une pompe, au moyen d'un engrénage dont le bruit est fort incommode aux personnes qui habitent près de l'usine établie dans cet endroit pour tirer parti de cette eau. Dans un mémoire que j'ai lu, il y a deux ans, à l'Institut, j'ai proposé un moyen très-simple pour supprimer tout ce mécanisme. Il consiste à conserver le cylindre supérieur auquel est attaché le susdit piston, et à y adapter une tige de bois munie d'un seau qui, alternativement, puise de l'eau dans la rigole et se vide après avoir été enlevé sans difficulté. Ce mécanisme est analogue à celui qui a été exposé dans le journal de Gilbert pour le même objet; il pourrait être employé à élever simultanément l'eau gazeuse pour l'usage des bains, et l'eau de la rigole pour les usages domestiques. Mon balancier hydraulique à double

effet, pourrait encore être employé avec plus d'avantage, comme M. Pictet, de Genève, l'a observé (*Bibliothèque universelle, Genève, 1817, tome V, Juillet*), ainsi que M. Prony et d'autres savans, qui m'ont encouragé à publier un écrit sur ce sujet, intitulé : *Essai sur le levier hydraulique récemment appliqué aux manufactures et aux arts.*

(*B*) Les robinets à double effet peuvent servir non-seulement lorsque la surface des récipiens est échauffée par la vapeur aqueuse, mais aussi lorsque la chaleur est communiquée à ces récipiens par d'autres fluides volatils. Il reste à observer quels sont ceux de ces fluides qui, dans un temps donné, ont la propriété de communiquer le plus de chaleur à l'eau. Enfin, ils peuvent encore être mélangés dans des proportions déterminées, d'après les différens degrés d'énergie avec lesquels ils agissent lorsqu'ils sont employés séparément.

(*C*) J'ai fait observer ci-dessus que la vapeur de l'eau, dans le procédé de Gensoul, agit toujours en état de condensation. Il en résulte qu'en passant au travers des capsules, elle exerce de toutes parts un choc violent contre les cocons, ce qui ralentit le travail et nuit à la solidité de la soie soumise à la filature. Cet inconvénient est diminué, mais n'est pas entièrement détruit, par l'idée ingénieuse proposée en dernier lieu, de placer une planche en cuivre perforée à peu de distance du fond, afin que la vapeur ne puisse sortir que par des points multipliés en proportion de la capacité de la capsule. Mais l'eau doit s'échauffer plus rapidement dans l'endroit le plus voisin de l'issue de la vapeur, et par conséquent on obtiendra plus difficilement

une distribution égale de calorique. On évite ces divers inconvéniens en échauffant l'eau par l'action directe du feu; mais au moyen de l'application extérieure de la vapeur, on conserve en même temps les avantages de l'ancienne méthode, puisque la capsule reste entièrement livrée aux mains des ouvrières, et se trouve débarrassée du bouillonnement de la vapeur. Il ne serait pas juste de considérer comme une imperfection de mon procédé, le défaut d'eau distillée dont on remplit les capsules dans le procédé de Gensoul. Plusieurs manufacturiers ont imaginé d'employer non pas de l'eau de puits, mais celle qui, en traversant des campagnes découvertes, s'est chargée de principes hétérogènes propres à faciliter la filature. Le célèbre comte Moscati, dans une des dernières séances de l'Institut impérial de Milan, a annoncé avoir découvert, dans le résidu de l'eau des capsules, des propriétés dont il serait peut-être possible de tirer parti comme médicament dans les bains.

(*D*) Ayant observé qu'une chaudière de la capacité d'un tiers de (*brenta*) ou muid milanais, peut élever 1,056 livres milanaises d'eau à la température de 60 degrés, je pense qu'un peu plus d'une (*brenta*) ou muid milanais d'eau pourrait porter encore plus haut la température de la même quantité d'eau. Relativement à la filature *à deux bouts*, on pourrait, par ce moyen, alimenter plus de cent capsules en employant dix bocaux d'eau pour chacune, comme je l'ai observé dans plusieurs filatures de la Lombardie. Lorsqu'une fois l'eau échauffée est toute distribuée dans les diverses capsules, on pourrait, au moyen d'un robinet, déterminer le flux de la vapeur aux cuves de bois qui soutiennent les capsules : dans ce cas, la vapeur doit conserver seulement

la température primitive de l'eau déjà transportée dans lesdites capsules. Je n'ai eu ni le temps, ni l'occasion de faire cette expérience; mais je crois devoir l'indiquer aux entrepreneurs de filatures, bien persuadé qu'avec des vues pratiques il leur sera possible de la modifier, et d'en tirer quelque avantage. Toute épreuve de ce genre serait inutile dans les filatures où l'on change l'eau des capsules une ou plusieurs fois par jour; et elles ne peuvent avoir lieu que là où la même eau sert pendant plusieurs jours, et même pendant une semaine entière, comme j'ai été dans le cas de l'observer dans quelques filatures de la Lombardie.

(*E*) Une autre méthode pour filer de la soie à l'eau froide et pour économiser ainsi la totalité du combustible, fut proposée, dès 1777, par un certain Giordano; on en conçut une opinion si favorable, que des expériences furent faites publiquement, en présence du conseil royal du commerce de Turin, depuis le 20 mars jusqu'au 16 avril de la même année. Tout le secret consiste à employer des dissolvans qui, substitués à l'action du feu, font que la soie devient ductile par les opérations successives, nécessaires à la fabrication des étoffes. On prétend qu'au moyen de ce procédé, on obtient un produit plus abondant de soie filée, et une grande économie de temps. Mais, au milieu de ces prétendus avantages, on a observé que la soie offrait moins de solidité pour résister aux opérations qui doivent avoir lieu avant la fabrication des étoffes. Peu d'années après, de nouvelles expériences furent faites sur le même objet, en présence des autorités locales de Milan; et lorsqu'elles eurent confirmé les inconvéniens dont je viens de parler, on vit bientôt disparaître les avantages, d'abord tant exagérés, des filatures à froid.

(*F*) Ceux qui font usage de l'ancien procédé sont accoutumés, même encore aujourd'hui, à construire autant de chapes de cheminée qu'il y a de fourneaux en action dans la filature. Il en résulte que les sources de la dispersion du calorique sont très-multipliées, tandis qu'il pourrait être recueilli et concentré avec beaucoup d'avantage, si les tuyaux de chaque fourneau conduisaient la fumée à une même chape commune. Plusieurs fabricans d'étoffes m'ont assuré avoir obtenu d'excellente soie filée au moyen de fourneaux économiques; et l'un d'eux m'a montré des attestations authentiques de plusieurs négocians, qui avaient reconnu la bonne qualité de la soie filée par ce moyen.

(*G*) En faisant mes expériences préliminaires, j'ai fait passer la vapeur de l'eau bouillante à travers un tamis où étaient les cocons à préparer pour la filature. J'ai, pour la première fois, fait ces expériences à Bologne, conjointement avec l'excellent artiste M. Melloni, et j'ai bientôt observé que la filature pouvait s'opérer, par ce moyen, à une température sensiblement plus basse. En substituant à l'appareil ci-dessus décrit des cuves à vapeur construites avec beaucoup de soin, j'ai éprouvé qu'après que les cocons ont subi pendant quelque temps l'action de la vapeur, la substance glutineuse s'amollit comme je l'ai indiqué. Je ne puis qu'exhorter fortement les manufacturiers à varier et à multiplier ce genre d'expériences, qui pourra conduire à des perfectionnemens importans dans l'art de la filature de la soie. En m'appuyant sur les connaissances physiques modernes, je propose un moyen simple et sans inconvénient pour dissoudre en partie la substance glutineuse de la soie, et pour économiser une portion du calorique qui serait nécessaire pour amener les cocons à cet état par la seule action de

l'eau. Je suis d'avis que, par la seule vapeur de l'eau, on peut préparer les cocons de manière à les pouvoir filer à une température très-différente de celle qu'on emploie ordinairement, en partant du principe que la température pour la filature dépend en grande partie de la ténacité de la substance glutineuse. On observe en effet que les cocons de la même qualité sont filés à une température plus basse, quand ils sont nouveaux, que lorsqu'ils ne sont soumis à la filature qu'au bout de quelques mois. J'abandonne, au reste, à la sagacité des manufacturiers le soin de déterminer la durée du temps pendant lequel les cocons doivent rester exposés à l'action de la vapeur, et s'il convient, dans certaines circonstances, d'y ajouter l'action de quelques réactifs chimiques. Il sera toutefois nécessaire de reconnaître la consistance de la soie, d'après le mode proposé par le célèbre professeur Vassalli, pour mesurer la solidité de ses filamens, comparativement aux divers procédés employés dans la filature et aux moyens ci-dessus indiqués. (*Rapports de la Chambre de Commerce, de l'Académie et de la Société d'Agriculture de Turin, sur le procédé de M. Gensoul pour filer la soie à la vapeur. Turin*, 1818.)

(*H*) Je pourrais ici rapporter plusieurs témoignages authentiques des expériences faites à Bologne sur l'application extérieure de la vapeur à un système total de filature. Je suis au moins autorisé par M. le comte Alexandre Agucchi, et par MM. Orioli et Contri, professeurs à l'université papale, à déclarer qu'ils ont observé l'eau de vingt capsules élevée à la température de 75 degrés par la vapeur provenant d'une chaudière dont la capacité ne saurait être comparée à celle des chaudières employées dans la Lombardie et dans le Piémont. Il ne m'est pas possible de décrire toutes

les circonstances minutieuses et toutes les précautions qui doivent accompagner une telle entreprise. Cependant, d'après les renseignemens qui m'ont été obligeamment communiqués sur ce sujet, je vois que ma méthode conduit à réformer et à diminuer considérablement la grandeur excessive des chaudières actuelles, qui, dans quelques filatures de la Lombardie, présentent une capacité qui va jusqu'à 70 (*brenta*) ou muids milanais, et dans le Piémont jusqu'à 100 (*brenta*) ou muids milanais. Or, en diminuant la masse d'eau qui fournit la vapeur, il est évident qn'on diminue en même temps la consommation du combustible.

(*I*) Les observations récemment faites dans mes voyages ont consolidé mes opinions à cet égard. Le double fond dont on fait usage fréquemment en Angleterre pour échauffer à la vapeur l'eau des bains, confirme entièrement ma méthode appliquée à la filature de la soie. D'ailleurs, les progrès faits dans l'art d'économiser le combustible sont si frappans, que l'on ne pourrait que conseiller aux fabricans de filature de soie qui se refusent à la méthode du chauffage par la vapeur, de changer néanmoins ou de modifier selon les nouvelles vues les fourneaux dont ils font usage. J'ai vu dans la manufacture du gaz illuminant, établie à Liverpool, que c'est au moyen d'un seul fourneau et d'une seule cheminée qu'on transmet la chaleur à douze grandes retortes (cornues) disposées sur deux rangs. Par ces procédés, on obtient la distillation du charbon de terre et le dégagement du gaz hydrogène carburé qui sert à l'éclairage de la ville. L'on conçoit qu'une pareille méthode adaptée au chauffage de grandes chaudières, soit à l'usage des bains, soit à celui de la filature de la soie, épargnerait beaucoup

de combustible dans des circonstances particulières où il ne serait pas permis de faire usage de la vapeur.

(*K*) Lorsque je me suis livré à des recherches sur l'application extérieure de la vapeur, je n'ai point prétendu que d'autres ne l'eussent jamais tentée pour des usages différens. Dans les ingénieuses machines du comte de Rumford, et dans les cuisines économiques à l'anglaise, la vapeur est tantôt condensée par des moyens analogues à ceux qui sont employés dans les machines à Papin, et tantôt le calorique les traverse pour se rendre à d'autres récipiens où il élève l'eau ou d'autres fluides à une température déterminée. D'ailleurs, la construction de mes appareils diffère de celle des appareils analogues, que d'autres ont pu employer pour échauffer l'eau des bains et des filatures de soie, et je n'ai point entendu dire que cette méthode ait été jusqu'à ce jour appliquée par qui que ce soit à l'usage dont il est ici question. Sous ce point de vue, j'ai cru pouvoir considérer mon procédé comme n'étant pas dépourvu de nouveauté, et comme pouvant conduire à un but utile. J'ai lu, par ce motif, plusieurs Mémoires à l'Institut impérial et royal de Milan, sur ce sujet; un, entre autres, le 20 novembre 1817; et le registre des actes consignés dans les feuilles publiques établit l'époque de mes travaux. On y trouve sous la même date : « Le chevalier Aldini a lu » un mémoire expérimental sur son procédé relatif à l'ap- » plication de la vapeur au chauffage de l'eau dans les fila- » tures de soie. Il a soumis à l'examen de l'Institut un » appareil dans lequel la vapeur ne passe pas au travers de » l'eau, comme cela se pratique dans la méthode de Gensoul, » mais s'applique au contraire, par le moyen d'une cuve de

» bois, à la surface extérieure des capsules de cuivre qui » renferment l'eau. De cette manière, le calorique de » la vapeur est entièrement utilisé, tandis que, dans » l'autre procédé, il y en a une portion qui se perd et qui » ne contribue point à échauffer l'eau. De plus, la vapeur, » après avoir exercé son action, se condense, et, au moyen » d'un tube situé au fond de la cuve, retourne, sous la » forme liquide, à la chaudière d'où elle est sortie. J'ai » encore observé que, outre l'économie de la chaudière » additionnelle de charge, la vapeur recueillie dans la cuve » entretient pendant long-temps l'eau des capsules à une » température suffisante, lors même que le flux de la va- » peur est interrompu du côté de la chaudière principale. » Quelques expériences faites par l'auteur sur l'eau des bains » de Trascorre, lui ont donné la conviction que l'application » de ce procédé au chauffage de l'eau des bains offrait une » économie notable de combustibles. » D'après la description claire et exacte que j'ai donnée de mes appareils, on ne doit pas trouver étonnant que des artistes habiles aient pu non-seulement en exécuter des modèles, mais en construire de propres à être employés, et au moyen desquels on a obtenu des résultats satisfaisans; et quant à moi, je ne puis que leur savoir gré d'avoir donné des soins aussi utiles aux objets relatifs à mes procédés. J'ajouterai encore à ce que je viens de dire, que, long-temps avant de lire le susdit mémoire, j'ai fait, pendant l'automne de deux années consécutives, des expériences sur l'application extérieure de la vapeur aux bains de *Trascorre*.

Une Commission de mes collègues de l'Institut impérial et royal se transporta auprès de moi pour examiner mes expériences physico-économiques; et elle reconnut, qu'*elles*

étaient parfaitement conformes à la description que j'en avais donnée dans mes mémoires lus à l'Institut. La même Commission, après avoir donné des encouragemens au zèle qui me portait à diriger mes travaux vers *des recherches si dispendieuses et si difficiles, sur un objet aussi important d'utilité publique,* m'invita à faire une expérience comparative entre le chauffage de l'eau par mon procédé, et par celui qui est basé sur l'action immédiate de la vapeur introduite dans les récipiens à échauffer. Après avoir eu à ce sujet quelques conférences avec la susdite Commission, et avoir visité sur les lieux mêmes les divers appareils, il fut décidé qu'il convenait d'adopter une certaine proportion entre le flux de la vapeur et la quantité d'eau à échauffer; car on avait remarqué que, sans cette précaution, on n'obtenait, à l'avantage de ma méthode, qu'une petite différence dans la température de l'eau. J'ai fait alors l'expérience dans un récipient qui contenait deux (*brenta*) ou muid milanais et demi d'eau, et j'ai mis tout le soin possible à faire agir la vapeur, pour l'un et pour l'autre procédé, avec toute la parité de circonstances que la Commission pouvait souhaiter. Pour cela, au moyen d'un appareil imaginé par moi pour échauffer l'eau des bains, j'ai porté la vapeur à la surface extérieure dudit récipient, et j'ai facilement échauffé l'eau qu'il contenait, en prenant note du temps qui était nécessaire pour l'élever à divers degrés de température. Il faut observer que, dans cette expérience, l'introduction du calorique était difficile, en ce qu'il fallait qu'il pénétrât le diamètre entier du récipient; au lieu que, dans les appareils que j'emploie ordinairement, il n'a à vaincre qu'une distance égale au rayon, ou même plus petite. Je répétai la même expérience de manière à ce que la même quantité de va-

peur fût dirigée au travers de l'eau à peu de distance du fond du récipient. Aussitôt se manifesta l'effet de la condensation de la vapeur, qui, ne pouvant traverser l'eau, repoussa à plusieurs reprises la soupape, et ne parvint à la dépasser qu'en diminuant la hauteur du tube qui transportait la vapeur. Dans cet état, l'eau demeurait échauffée, jusqu'au point où plongeait le tube conducteur de la vapeur; mais dans les couches inférieures, l'eau conservait sa température naturelle, ou ne ressentait que très-faiblement l'action des couches supérieures échauffées. J'observai enfin constamment qu'il était impossible d'élever le volume donné d'eau à la température indiquée, à moins d'employer le flux de la vapeur pendant un temps plus considérable, en proportion de la hauteur de l'eau que je voulais échauffer.